



รายงานฉบับสมบูรณ์  
(Final Report)

โครงการย่อยที่ 4: การศึกษาการแปรรูปผลิตผลเลมอนเชิงพาณิชย์  
Sub project 4: Study on Lemon Processing for  
Commercial Product

ภายใต้ชุดโครงการ : การวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชตระกูลส้มปลอดภัย  
แผนงานวิจัย : เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลิตผลเกษตรบนพื้นที่สูง

โดย

ไพโรจน์ วิริยจรี และคณะ

สนับสนุนทุนวิจัยโดย สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน)  
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2562

# รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report)

โครงการย่อยที่ 4: การศึกษาการแปรรูปผลิตผลเลมอนเชิงพาณิชย์

Sub project 4: Study on Lemon Processing  
for Commercial Product

ภายใต้ชุดโครงการ : การวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชตระกูลส้มปลอดภัย

แผนงานวิจัย : เพื่อเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของผลิตผลเกษตรบนพื้นที่สูง

- 
- คณะผู้วิจัย
- สังกัด
1. ศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ วิริยจารี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
  2. ดร.เรวัตกร พงษ์พิสุทธินันท์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
  3. ดร.สุภกิจ ไชยพุดม มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
  4. นางสาวจิรนนท์ โนวิชัย มูลนิธิโครงการหลวง
  5. นางสาวณัฐวีร์ วงศ์สิงห์ มูลนิธิโครงการหลวง
  6. นายอนุรักษ์ มะโน มูลนิธิโครงการหลวง
  7. นางสาวกชกร กันทาภาศ มูลนิธิโครงการหลวง

ตุลาคม 2562

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์ผลไม้เมืองหนาวเชิงพาณิชย์ โครงการย่อยภายใต้ชุดโครงการการวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชตระกูลส้มปลอดภัย ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง โดยได้รับการสนับสนุนงบประมาณประจำปี พ.ศ.2562 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณการสนับสนุนการวิจัยมา ณ โอกาสนี้ด้วย

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบุคลากร เจ้าหน้าที่ของโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง และหน่วยวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่มีส่วนให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนโครงการวิจัยนี้มาโดยตลอด

ท้ายที่สุดนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่านที่ได้ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะต่างๆ ตลอดทั้งโครงการ ซึ่งทำให้โครงการดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อย และมีประสิทธิภาพ แนวความคิดที่เป็นประโยชน์ทั้งปวง คณะผู้วิจัยขอน้อมรับและจะนำไปใช้ประโยชน์ในการทำงานในอนาคต องค์ความรู้ที่เกิดจากโครงการวิจัยนี้ขอให้เกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติโดยรวมต่อไป

คณะผู้วิจัย

### คณะผู้วิจัย

#### หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย)	ดร.ไพโรจน์ วิริยจारी
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ)	Dr.Pairote Wiriya-cha-ree
คุณวุฒิ	ปริญญาเอก (Product Development)
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ)	ศาสตราจารย์
หน่วยงาน 1	คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	155 หมู่ 2 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50100
โทรศัพท์	053-948308
หน่วยงาน 2	หน่วยวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน
	สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ที่อยู่	239 ถ.ห้วยแก้ว ต.สุเทพ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200
โทรศัพท์/โทรสาร	053-948305 / 053-942478
E-mail	vpahr@cmu.ac.th, priote.w@cmu.ac.th

#### นักวิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวจिरนันท์ โนวิชัย
- ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Jiranan Novichai
- คุณวุฒิ ปริญญาโท (การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
- ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) นักอุตสาหกรรมอาหาร
- หน่วยงาน โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง
- ที่อยู่ 243/1 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 51000
- โทรศัพท์ 0-5311-4236-9 ต่อ 104
- E-mail jiranan\_nov@hotmail.com
  
2. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) ดร.เรวัต พงษ์พิสุทธินันท์
- ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr.Rewat Phongphisutthinant
- คุณวุฒิ ปริญญาเอก (จุลชีววิทยาประยุกต์)
- ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) นักวิจัย
- หน่วยงาน หน่วยวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน



- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
ที่อยู่ 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200  
โทรศัพท์/โทรสาร 053-948305; 08-17161026 / 053-942478  
E-mail rewat.p@cmu.ac.th; rewat.psn@gmail.com
3. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) ดร.สุภกิจ ไชยพุด  
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Dr.Supakit Chaipoot  
คุณวุฒิ ปริญญาเอก (การพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)  
ตำแหน่ง (ทางวิชาการ/ราชการ) นักวิจัย  
หน่วยงาน หน่วยวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารพื้นบ้าน  
สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี  
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่  
ที่อยู่ 239 ถนนห้วยแก้ว อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200  
โทรศัพท์/โทรสาร 053-948305 / 053-942478  
E-mail supakit.ch79@gmail.com
4. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวณัฐวีร์ วงศ์สิงห์  
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Nuttawee Wongsing  
คุณวุฒิ ปริญญาตรี (เทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์)  
ตำแหน่ง นักอุตสาหกรรมอาหาร  
หน่วยงาน โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง  
ที่อยู่ 243/1 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 51000  
โทรศัพท์ 0-5311-4236-9 ต่อ 104  
E-mail rattikananny@gmail.com
5. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายอนรรักษ์ มะโน  
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Anurak Mano  
คุณวุฒิ ปริญญาตรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)  
ตำแหน่ง นักอุตสาหกรรมอาหาร  
หน่วยงาน โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง  
ที่อยู่ 243/1 หมู่ 3 ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 51000

โทรศัพท์ 0-5311-4236-9 ต่อ 104  
E-mail rakrpf776@gmail.com

6. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นางสาวกชกร กันதாகาศ  
ชื่อ-สกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Gochakorn Kantakas  
คุณวุฒิ ปริญญาตรี (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร)  
ตำแหน่ง ผู้ช่วยนักวิจัย  
หน่วยงาน โรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง  
ที่อยู่ 243/1 หมู่ 3 ต.แม่เหิยะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 51000  
โทรศัพท์ 0-5311-4236-9 ต่อ 104  
E-mail gochakorn.g@gmail.com



## บทสรุปผู้บริหาร

### 1. ที่มาและความสำคัญ

เลมอนเป็นพืชที่เจริญเติบโตได้เร็ว ไม่พบปัญหาเรื่องความเสียหายของผลผลิตจากการขนส่ง ทั้งยังเป็นพืชที่เหมาะสมในการปลูกบนพื้นที่สูง ดังนั้นจึงมีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 6 แห่ง ซึ่งตลาดมีความต้องการผลผลิตเลมอน ประมาณ 500 กิโลกรัม ต่อสัปดาห์หรือประมาณ 25 ตันต่อปี แต่ทั้งนี้พบว่าปริมาณผลผลิตที่ผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด โดยในปี พ.ศ. 2559, 2560 และ 2561 มีปริมาณผลผลิตเลมอนที่ส่งผ่านฝ่ายตลาดของมูลนิธิโครงการหลวง จำนวน 2.01, 3.84 และ 3.61 ตัน มูลค่าผลผลิต เท่ากับ 120,109 บาท 221,400 บาท และ 200,034 บาท ตามลำดับ โดยพบว่าผลผลิตร้อยละ 40 มีปัญหาผิวผลลายจากแมลงศัตรูพืชรบกวน ได้แก่ เพลี้ยไฟ และไร ทำให้ไม่ได้มาตรฐานตามชั้นคุณภาพ และเกษตรกรไม่สามารถจำหน่ายผลผลิตในส่วนนั้นได้ ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาการแปรรูปผลิตผลเลมอน เพื่อรองรับผลผลิตที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามชั้นคุณภาพ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของผลิตผลตลอดจนสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรบนพื้นที่สูงได้

### 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเลมอนเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโอกาสทางการตลาด

### 3. ขอบเขตของการศึกษา

- 1) สสำรวจ รวบรวมผลิตภัณฑ์แปรรูปจากพืชตระกูลส้มที่มีจำหน่ายในตลาดปัจจุบัน
- 2) ศึกษาและพัฒนาวิธีการแปรรูปผลิตผลเลมอนจากพื้นที่ส่งเสริมของมูลนิธิโครงการหลวงให้เป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่างๆ
- 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเลมอน
- 4) ศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์แปรรูปจากเลมอนและความคุ้มค่าในการผลิตเชิงพาณิชย์

### 4. ประมวลผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์

- 1) การศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้จากเปลือกเลมอนจากการนำเปลือกเลมอนมากลั่นน้ำมันหอมระเหยที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ได้ปริมาณผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเปลือกเลมอน เท่ากับร้อยละ 1.53 จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่ได้มีลักษณะใส มีสีเหลืองอ่อน มีค่ากรดสี (43.00°) ค่าความเข้มข้น (0.34) และค่าดัชนีการหักเห (1.11) และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี



โดยวิเคราะห์สารระเหยด้วยวิธี Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) พบว่า ในน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอนมีสารระเหยทั้งหมด 26 ชนิด โดยมีสารระเหย Alpha-limonene มากที่สุด (ร้อยละ 63.89)

## 2) การศึกษาวิธีการลดความขมน้ำเลมอน

จากการศึกษาการลดความขมน้ำเลมอนโดยการเปรียบเทียบ 3 วิธี คือวิธีการลวก ที่อุณหภูมิ 98 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 นาที การใช้เบต้าไซโคลเดกซ์ทรินที่ร้อยละ 0.3 และการใช้ เอนไซม์เพคตินเนส และเอนไซม์นาริงจินเนส ในปริมาณ 5U/g และ 0.4 U/g ตามลำดับ นำไปวิเคราะห์ คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัส พบว่าวิธีการลดความขมที่เหมาะสม คือ การใช้ เอนไซม์เพคตินเนส 5U/g (ร้อยละ 0.025) ร่วมกับเอนไซม์นาริงจินเนส 0.4U/g (ร้อยละ 0.01)

## 3) การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

3.1 ในการสำรวจผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนที่จำหน่ายในท้องตลาด โดยเก็บข้อมูลคุณภาพทางกายภาพ เคมี และข้อมูลด้านราคาของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนในท้องตลาดส่วนใหญ่ใช้สารเติมแต่งอาหาร เช่น สารกันเสีย สารปรับกรด เป็นต้น โดยผลิตภัณฑ์มีอายุการเก็บเฉลี่ย 1 ปี และมีราคาเฉลี่ย 57 บาท (ปริมาณบรรจุ 400 กรัม)

3.2 ในการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคด้วยผู้ทดสอบในร้านโครงการหลวง สาขาสุเทพ ศูนย์อาหาร เทศบาลตำบลสุเทพ และคณะอุตสาหกรรมเกษตร พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่เห็นด้วยหากมีผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นจำหน่ายในร้านโครงการหลวง โดยต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีความหวาน และความเปรี้ยวปานกลาง

3.3 ในการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น จึงต้องถ่วงน้ำหนักปัจจัย พบว่าปัจจัยที่มีผลคือ ปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตส จากนั้นหาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ โดยวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiments in Central Composite Design with 2 center points ผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส พบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของน้ำเลมอนเข้มข้น คือ น้ำเลมอน (ร้อยละ 48.68) น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 50.96) เกลือ (ร้อยละ 0.17) กรดซิตริก (ร้อยละ 0.17) น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (ร้อยละ 0.02)

## 4) การศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

ในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่เหมาะสม โดยการวางแผนการทดลองแบบ  $2^2$  Factorial experiments in Central Composite Design with 2 center



points ผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในการฆ่าเชื้อ พบว่ากระบวนการฆ่าเชื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที

#### 5) การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น

นำผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่ผ่านการพัฒนาสูตร และกระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม มาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี ประสาทสัมผัส และเชื้อจุลินทรีย์ ได้ผลการวิเคราะห์ดังตาราง

#### คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่พัฒนาได้

ลักษณะคุณภาพ	ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น
คุณภาพทางด้านกายภาพ	
- ค่ากรดสี (H°)	93.92±0.10
- ค่าความเข้มสี (C*)	4.08±0.17
- ค่าความหนืด (cps)	14.70±0.42
คุณภาพทางด้านเคมี	
- ค่าความเป็นกรดต่าง (pH)	2.41±0.01
- ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	45.10±0.14
- ปริมาณลิโมนิน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	ND
- ปริมาณนารินจิน (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)	0.007±0.01
- ปริมาณกรดแอสคอร์บิก (กรัม/100กรัม)	0.23±0.01
คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส (ค่าสัดส่วนในอุดมคติเท่ากับ 1.00)	
- สี	1.02±0.09
- ความขุ่น	0.97±0.10
- กลิ่นเลมอน	1.02±0.10
- รสเปรี้ยว	1.63±2.49
- รสขม	1.03±0.06
- รสหวาน	0.99±0.03
- ความหนืด	1.05±0.11
- ความชอบโดยรวม	

### คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นที่พัฒนาได้ (ต่อ)

ลักษณะคุณภาพ	ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น
คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์	
- เชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนีต่อกรัม)	<10
- ยีสต์และรา (โคโลนีต่อกรัม)	<10
- อีโคไล (MPN/ml)	ND
- โคลิฟอร์ม (MPN/ml)	ND

หมายเหตุ: ND หมายถึง Not detected (ตรวจไม่พบ)

#### 6) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์

ในการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยการใช้การทดสอบแบบ Central Location Test บริเวณร้านโครงการหลวง สาขาสุเทพ และครัวโครงการหลวง และใช้การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ใช้แบบทดสอบแบบ 9-points hedonic scale (ไพโรจน์, 2561) พบว่าระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีผลต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นอยู่ในระดับชอบมาก โดยผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ร้อยละ 96.00) และหากมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายผู้บริโภคตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น (ร้อยละ 96.00)

#### 7) การศึกษาต้นทุน และแนวทางในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในเชิงพาณิชย์

ในการศึกษาต้นทุนการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น ที่ผ่านกระบวนการพัฒนาแล้วใน 1 ชุดการผลิต (13.35 กิโลกรัม) พบว่าผลิตภัณฑ์มีต้นทุนในการผลิต 48.38 บาทต่อขวด โดยมีขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร

#### สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลอง พบว่าน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเปลือกเลมอนมีลักษณะสีเหลืองใส ซึ่งมีปริมาณเท่ากับร้อยละ 1.53 นอกจากนี้ ได้ทำการศึกษาการลดความขมน้ำเลมอน พบว่าการใช้เอนไซม์เพคตินาส 5U/g (ร้อยละ 0.025) ร่วมกับเอนไซม์นาริงจินเนส 0.4U/g (ร้อยละ 0.01) สามารถลดความขมน้ำเลมอนได้ดีที่สุด จากนั้นทำการพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิต คือ น้ำเลมอน (ร้อยละ 48.68) น้ำเชื่อมฟรุคโตส (ร้อยละ 50.96) เกลือ (ร้อยละ 0.17) กรดซิตริก (ร้อยละ 0.17) และน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน (ร้อยละ 0.02) กระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ผลิตภัณฑ์มีค่ากรดสี (93.92°) ค่าความเข้มข้น (4.08) และค่าความหนืด (14.70 cps) คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง (2.41) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (45.10°Brix) ปริมาณนารินจิน

(0.007 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร) และปริมาณกรดแอสคอร์บิก (0.23 กรัม/100กรัม) คุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี ความขุ่น กลิ่นเลมอน รสเปรี้ยว รสขม รสหวาน ความหนืด และความชอบโดยรวม มีค่าสัดส่วนเฉลี่ยเท่ากับ 0.99, 1.02, 0.97, 1.02, 1.63, 1.03, 0.99 และ 1.05 ตามลำดับ (ค่าสัดส่วนในอุดมคติ เท่ากับ 1) ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราน้อยกว่า 10 โคโลนีต่อกรัม ไม่พบอีโคไลและโคลิฟอร์ม โดยผู้บริโภครับประทานน้ำเลมอนเข้มข้น (ร้อยละ 96.00) และหากมีผลิตภัณฑ์จำหน่ายผู้บริโภครับประทานน้ำเลมอนเข้มข้น (ร้อยละ 96.00) ผลิตภัณฑ์มีต้นทุนในการผลิตเท่ากับ 48.38 บาทต่อขวด (ขนาดบรรจุ 350 มิลลิลิตร)



## Executive Summary

### 1. Introduction

Lemon is a plant which growing well up to the hill. The produce has no problems with transportation damage and so it was suitable for highland. Therefore, the farmers in 6 highland areas were encouraged to grow lemon. The order from marketing department was about 500 kilograms per week or about 25 tons per year. However, the lemon produce are insufficient for marketing demand. In 2016, 2017 and 2018, the amounts of lemon produces through the Royal Project Foundation marketing department were 2.01, 3.84 and 3.61 tons. The output values were 120,109 baht, 221,400 baht and 200,034 baht, respectively. 40% of lemon products were found stripes lemon peel from pests such as thrips and mites, causing them to substandard raw materials and farmers cannot sell these products. Therefore, the lemon processing should be studied for supporting the defected raw materials by developing the more value added products and it could be generated income for highland farmers.

### 2. Objective

To study and develop the processing of lemon products for high potential of market opportunity.

### 3. Scopes of study

- 1) Explore the collection of processed products from citrus plants that are currently sold in the market.
- 2) Study and develop methods for processing lemon products from the supporting area of the Royal Project Foundation.
- 3) Assess the consumer acceptance with processed lemon products.
- 4) Study the production costs of processed products from lemons and the worthiness for commercialization.



## 4. Results

1. Study physical and chemical properties of essential oils distilled from lemon peel.

Essential oil from lemon peel was distilled by steam distillation method at 95 degree celsius for 6 hours. The yield percentage of essential oil was 1.53 with clear and pale yellow. The physiochemical properties of the essential oil from lemon peel including hue value (43.00), chroma value (0.34) and refractive index (1.11). The volatile substances were analyzed by Gas chromatography-Mass spectrometry (GC-MS). The results found that essential oil from lemon peel composed of 26 volatile substances which alpha limonene (63.89%) was the most volatile substance.

2. Study method for debittering lemon juice.

Three methods for debittering lemon juice were compared; (1) blanching at 98 degree celsius for 1 minute, (2) using 0.3 percent of beta-cyclodextrin, (3) using mixed 5 U/g of pectinase and 0.4 U/g of naringinase. The results demonstrated that mixed 5U/g of pectinase (0.025 percent) and 0.4 U/g of naringinase (0.01 percent) were the most effective and acceptable.

3. Formulation of concentrated lemon juice products.

3.1 Five commercial lemon juice samples were investigated in term of physiochemical properties and product price. It was found that food additives were added in samples such as preservatives and acidulants which 1 year of shelf-life and 57 baht per 400 gram.

3.2 From the consumer survey at Royal Project shop (Suthep canteen and Faculty of Agro Industry), it was found that all consumers accepted to buy the concentrated lemon juice products at Royal Project shops and expected medium sweetness and sourness attributes.

3.3 The screening factor was used to study the optimal formulation of concentrated lemon juice. The results showed that the main factors were lemon juice and fructose syrup. The optimal formulation of lemon juice product was determined using  $2^2$  Factorial experiments in Central Composite Design with 2 center points which vary on lemon juice and fructose syrup as studied factors.

The results demonstrated that the optimal formulation of concentrated lemon juice were lemon juice (48.68%), fructose syrup (50.96%), salt (0.17%), citric acid (0.17%) and essential oils from lemon peel (0.02%).

#### 4. Study the pasteurization processed products.

The optimal pasteurization of concentrated lemon juice was carried out; using 2<sup>2</sup> Factorial experiments in Central Composite Design with 2 center points which vary on temperature and time. The optimal pasteurization of the concentrated lemon juice product was 80 degrees celsius for 25 minutes.

#### 5. Study the quality of concentrated lemon juice product.

The developed concentrated lemon juice was investigated of physical properties, chemical properties, sensory evaluation and microbial properties. The results were shown in the Table.

#### The quality of developed concentrated lemon juice product

Properties	Concentrated lemon juice product
<b>Physical properties</b>	
- Hue value (H°)	93.92±0.10
- Chroma value (C*)	4.08±0.17
- Viscosity (cps)	14.70±0.42
<b>Chemical properties</b>	
- pH value (pH)	2.41±0.01
- Total soluble solids (°Brix)	45.10±0.14
- Limonin content (mg/ml)	ND
- Naringin (mg/ml)	0.007±0.01
- Ascorbic acid (g/100g)	0.23±0.01
<b>Sensory evaluation (Mean ideal ratio score; the ideal ratio profile of 1.00)</b>	
- Color	0.99±0.06
- Turbidity	1.02±0.09
- lemon odor	0.97±0.10
- Sourness	1.02±0.10
- Sweetness	1.03±0.06
- Bitterness	1.63±2.49
- Viscosity	0.99±0.03
- Overall acceptance	1.05±0.11

### The quality of developed concentrated lemon juice product (Continue.)

Properties	Concentrated lemon juice product
<b>Microbial properties</b>	
- Total plate count (colonies/g)	<10
- Yeast and mold (colonies/g)	<10
- E.coli (MPN/ml)	ND
- Coliforms (MPN/ml)	ND

**Note:** ND = non detected

#### 6. Consumer acceptance evaluation of developed product.

Consumer acceptance was evaluated using Central Location Test at Royal Project Shop and Royal Project Restaurant with 9-points hedonic scale. The 96% of consumer accepted and decided to buy concentrated lemon juice product at Royal Project shop.

#### 7. Study the production costs of processed product.

The production costs of developed concentrated lemon juice for 1 lot (13.35 kg), the production cost was 48.38 bath per bottle (350 ml).

### 5. Conclusion

The essential oil from lemon peel was clear and pale yellow which was 1.53 yield percentages. In addition, the study of the debited lemon juice showed that pectinase and naringinase were the most effective and acceptable. The optimal ingredients of concentrated lemon juice were lemon juice (48.68%), fructose syrup (50.96%), salt (0.17%), citric acid (0.17%) and essential oils from lemon peel (0.02%). After that, the suitable pasteurization of the concentrated lemon juice was optimized; it was 80 degrees celsius for 25 minutes. The physiochemical properties such as Hue value ( $H^{\circ}$ ) (93.92 $^{\circ}$ ), Chroma value ( $C^*$ ) (4.08) and viscosity (14.70 cps). The quality of the final product was pH value of 2.41, total soluble solids (45.10 $^{\circ}$ Brix), naringin content (0.007 mg/ml) and ascorbic acid content (0.23 g/100g). Sensory evaluation in color, turbidity, lemon odor, sourness, sweetness, bitterness, sweetness, viscosity and overall acceptance were 0.99, 1.02, 0.97, 1.02, 1.63, 1.03, 0.99 and 1.05, respectively compared with the

ideal ratio profile of 1.00. However, total plate count, yeast and mold were less than 10 colonies per gram. Moreover, *E.coli* and *coliform* were not detected. The consumer accepted and decided to buy developed concentrated lemon juice (96%). In addition, the production cost of developed product was 48.38 baht per bottle (350 ml).





## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
คณะผู้วิจัย	ข
บทสรุปผู้บริหาร	จ
Executive Summary	ญ
สารบัญ	ฒ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ถ
บทคัดย่อ	1
Abstract	3
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บทนำ	5
1.2 วัตถุประสงค์	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	5
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	6
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	12
3.1 วิธีวิจัย	12
3.2 สถานที่ดำเนินการวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล	20
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย	73
เอกสารอ้างอิง	76
ตารางสรุปเปรียบเทียบผลงานกับแผนงานวิจัย	79

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	คุณค่าทางโภชนาการของเลมอน (ต่อน้ำหนัก 100 กรัม)	7
3.1	การวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman	16
3.2	ปัจจัยหลักและระดับที่ต้องการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อ	17
3.3	สิ่งทดลองที่ได้จากการผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในการฆ่าเชื้อ	18
4.1	ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่กลั่นได้ใน 6 ชั่วโมง	20
4.2	ปริมาณร้อยละผลผลิตของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเปลือกเลมอน	21
4.3	คุณภาพทางกายภาพ และเคมีของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากเปลือกของเลมอน	22
4.4	ปริมาณสารระเหยจากน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน โดยวิธี Gas Chromatography- Mass spectrometry (GC-MS)	24
4.5	ผลการวิเคราะห์ทางกายภาพ และทางเคมีของน้ำเลมอนที่ลดความขมทั้ง 3 วิธี	25
4.6	ผลการวิเคราะห์ทางประสาทสัมผัสของน้ำเลมอนที่ลดความขมทั้ง 3 วิธี	29
4.7	การสำรวจผลิตภัณฑ์ที่จำหน่ายในท้องตลาด	31
4.8	ร้อยละของข้อมูลทางประชากรศาสตร์	34
4.9	ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมผู้บริโภค และความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	36
4.10	ลักษณะสำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน	38
4.11	ค่าสัดส่วนเฉลี่ยของลักษณะต่างๆ ที่สำคัญของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน	40
4.12	การวางแผนการทดลองแบบ Plackett and Burman	41
4.13	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	42
4.14	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	43
4.15	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	43
4.16	ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางกายภาพ	44
4.17	ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางเคมี	44

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.18	ผลกระทบ (Effect) ของปัจจัยส่วนผสมในการผลิตน้ำเลมอนเข้มข้นที่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส	45
4.19	ผลกระทบของปัจจัยต่อค่าสังเกต และจำนวนผลกระทบที่มีต่อคุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 85	46
4.20	ปัจจัยหลัก และระดับที่ต้องการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อ	47
4.21	สิ่งทดลองที่ได้จากการผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และปริมาณน้ำเชื่อมฟรุคโตส	48
4.22	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	48
4.23	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	49
4.24	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	49
4.25	สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	50
4.26	ปัจจัยหลัก และระดับที่ต้องการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อ	58
4.27	สิ่งทดลองที่ได้จากการผันแปรอุณหภูมิ และเวลา ในกระบวนการฆ่าเชื้อ	58
4.28	คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	59
4.29	คุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	59
4.30	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	60
4.31	คุณภาพทางเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้นในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	60
4.32	สมการความสัมพันธ์เชิงเส้นของอุณหภูมิ และเวลา ที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	61
4.33	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	64
4.34	ร้อยละของข้อมูลทางประชากรศาสตร์ สำหรับการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	67
4.35	ข้อมูลพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	68
4.36	ระดับความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	69

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.37	ความคิดเห็นของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	70
4.38	ต้นทุนของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น 1 สูตร	71





## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
4.1 ผลเลมอน	21
4.2 เปลือกเลมอน	21
4.3 เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหย	22
4.4 น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน	22
4.5 การวัดค่าดัชนีการหักเหแสง	23
4.6 โครมาโทแกรมสารระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากเปลือกเลมอน	25
4.7 ปริมาณลิโมนินในวิธีการลดความขมโดยการลวก	26
4.8 ปริมาณลิโมนินในวิธีการลดความขมโดยใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทรีน	27
4.9 ปริมาณลิโมนินในวิธีการลดความขมโดยใช้เอนไซม์	27
4.10 ปริมาณนารินจินในวิธีการลดความขมโดยการลวก	27
4.11 ปริมาณนารินจินในวิธีการลดความขมโดยใช้เบตาไซโคลเดกซ์ทรีน	28
4.12 ปริมาณนารินจินในวิธีการลดความขมโดยใช้เอนไซม์	28
4.13 น้ำเลมอนที่ผ่านการลดความขมด้วยวิธีต่างๆ	29
4.14 การสำรวจความต้องการของผู้บริโภค	38
4.15 กราฟใยแมงมุมแสดงสัดส่วนของตัวอย่างต้นแบบและค่าในอุดมคติของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอน	41
4.16 พื้นที่ตอบสนองของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส	51
4.17 พื้นที่ตอบสนองของค่าความเป็นกรดต่าง เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส	52
4.18 พื้นที่ตอบสนองของปริมาณกรดแอสคอร์บิก เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส	52
4.19 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสเปรี้ยว เมื่อผันแปรปริมาณน้ำ	53
4.20 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสขมเมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุคโตส	54

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.21 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสหวาน เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุ๊กโตส	54
4.22 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความหนืด เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุ๊กโตส	55
4.23 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวม เมื่อผันแปรปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุ๊กโตส	56
4.24 กระบวนการที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการศึกษปริมาณน้ำเลมอน และน้ำเชื่อมฟรุ๊กโตสในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	57
4.25 พื้นที่ตอบสนองของค่าเอนดี (H <sup>0</sup> ) เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในการศึกษา กระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	62
4.26 พื้นที่ตอบสนองของค่าความเข้มข้น (C*) เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในการศึกษา กระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	62
4.27 พื้นที่ตอบสนองของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี เมื่อผันแปรอุณหภูมิ และเวลาในการศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อที่เหมาะสม	63
4.28 กระบวนการที่ดีที่สุด (Optimization) สำหรับการศึกษอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการฆ่าเชื้อของผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	64
4.29 ปริมาณลิโมนินในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	65
4.30 ปริมาณนารินจินในผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	66
4.31 ผลิตภัณฑ์น้ำเลมอนเข้มข้น	72